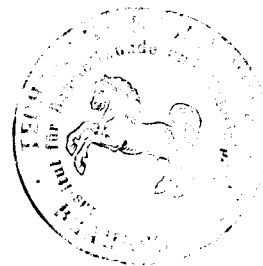


Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung
der Technischen Hochschule Braunschweig



P r ü f b e r i c h t

über die Prüfung von zwei Dachstühlen auf Widerstands-
fähigkeit gegen Feuer.

Karl Kordina

1958

Die Prüfungen wurden durchgeführt im Auftrage des Herrn
Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung
Az. III B 3 - 3073 Nr. 74.4

JK 699.81:001.5

1. Allgemeines

Die Brandversuche an zwei Dachstühlen wurden in Ergänzung zur Forschungsaufgabe des Bundesministeriums für Wohnungsbau

"Brandversuche an Holzkonstruktionen - Verbesserung
des Feuerwiderstandes von Bauholz"

Az. II A 5 - 5073 Nr. 74 durchgeführt.

Die Ergebnisse der an Dachstühlen vorgenommenen Untersuchungen sind im Prüfbericht Nr. 2 des Instituts "Prüfung von zwei Dachstühlen auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer" vom 4.12.1957 wiedergegeben. Die Dachstuhlkonstruktionen, von denen eine mit einem schaumschichtbildenden Feuerschutzmittel behandelt war, wurden seinerzeit bis zu ihrem vollständigen Versagen der Feuerbeanspruchung unterzogen.

Die Fortführung der Versuche aus dem Jahre 1957, mit der das Institut beauftragt wurde, erfolgte auf Antrag des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes, Bonn.

2. Beschreibung der Versuchsstücke

Bei den Versuchsdachstühlen handelte es sich - wie bei den früheren zwei Versuchen 1957 - um Kehlbalkendächer. Jeder Dachstuhl bestand aus 3 Bindern von 7,80 m Spannweite und 3,37 m Firsthöhe. Der Achsabstand der Binder betrug 0,75 m. An den beiden Giebelseiten wurden die Dachstühle durch 20 cm dicke Wände aus Ytong-Steinen abgeschlossen. In je einer Giebelwand war ein verglastes Fenster von einer Lichtweite von 25 x 50 cm angeordnet. Auf der jeweils gegenüberliegenden Giebelwand befand sich in gleicher Höhe eine Öffnung von 20 x 25 cm. Die Abdeckung der Dachstühle erfolgte mit Dachziegeln (Hohlpfannen) nach DIN 456, die auf Dachlatten (Achsabstand 30 cm) verlegt und mit Kalkzementmörtel, Mörtelgruppe II nach DIN 1053, verstrichen waren.

Die einzelnen Hölzer der Konstruktion hatten folgende Abmessungen:

Sparren	6/15 cm
Kehlbalken	6/10 cm
Windrispen	3/10 cm
Dachlatten	3/ 5 cm
Schwellen	3/15 cm

Die Verbindung der Knoten erfolgte durch Nägel. Die gesamten Zimmererarbeiten einschließlich des Aufstellens der Dachstühle wurden durch die Firma O. Wrehde, Braunschweig, ausgeführt. Einzelheiten der Konstruktion der Dachstühle sind aus den Anlagen 1 bis 4 zu diesem Prüfbericht zu ersehen.

3. Behandlung der Dachstühle mit Feuerschutzmitteln

Die Anstriche erfolgten bei beiden Dachstühlen nach dem Aufstellen, bevor das Ytong-Mauerwerk errichtet und die Dachziegel aufgelegt wurden. Dabei wurden die Bauhölzer allseitig bestrichen. Durch Holzverbindungen und Nagelflächen verdeckte Holzteile wurden nicht behandelt.

3.1 Dachstuhl I: Der Dachstuhl I (vergl. Anlage 5) wurde zur Hälfte mit Feuerschutzmittel "Albi SKK" der Chemischen Fabrik Grünau GmbH., Illertissen /Bayern, nach Anweisung des Herstellers mit einer Anstrichmenge von ca. 300 g Trockensubstanz pro m² gestrichen. Die zweite Dachstuhlhälfte blieb zum Vergleich ohne Anstrich.

3.2 Dachstuhl II: Der Dachstuhl II (vergl. Anlage 6) wurde zur Hälfte wie beim Dachstuhl I mit Feuerschutzmittel "Albi SKK" gestrichen. Die andere Hälfte erhielt einen Anstrich aus Feuerschutzmittel "Albert DS" der Chemischen Werke Albert, Wiesbaden-Biebrich. Der Anstrich mit "Albert DS" erfolgte ebenfalls nach Anweisung des Herstellers mit einer Anstrichmenge von ca. 108 g Trockensubstanz pro m².

4. Versuchsdurchführung und -ergebnisse

4.1 Allgemeine Beobachtungen.

Zur Durchführung der Brandversuche wurden 3 Hochdruck-Ölbrenner etwa 50 cm über dem Erdboden durch eine der beiden

Giebelwände in die Versuchsräume eingeführt. Die Messung der Brandraumtemperaturen erfolgte mit sechs bzw. acht NiCr-Ni-Thermoelementen. Außerdem wurden auf der dem Feuer abgekehrten Seite der Dachziegel mit jeweils sechs Cu-Konst.-Thermoelementen zusätzlich Temperaturmessungen vorgenommen. Die Lage der Temperaturmeßstellen ist aus den Anlagen 5 und 6 zu ersehen.

Während der Versuche sollten die Brandtemperaturen im Innern der Dachstühle nach der Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102 gesteigert werden. Ein genaues Einhalten dieser für den Normenbrand charakteristischen Temperaturen war jedoch kaum möglich.

Beim Dachstuhl I führte das geschlossene Fenster und das Fehlen weiterer Zuluftöffnungen sowie die sehr dicht vermörtelte Dachhaut zu einem Mangel an Verbrennungsluft, so daß die Brenner zeitweise verlöschten. Die Temperaturkurve erreichte daher nicht die nach DIN 4102 vorgeschriebenen Werte. Es wurden daher noch innerhalb der ersten Versuchsminuten zusätzlich Zuluftöffnungen in die Umfassungswände des Brandhauses gebrochen. Aber auch diese Maßnahmen reichten nicht aus, um innerhalb der Versuchszeit die geforderten Temperaturen zu erreichen. Außerdem wurden im Augenblick der ersten Zerstörungen an der Dachhaut die gestauten Verbrennungsgase abgeführt und dadurch ein weiteres Absinken der Brandhaustemperaturen hervorgerufen. Auch die zum Temperatúrausgleich vergrößerte Brennstoffzuführung konnte nicht zu einem angenäherten Temperatúrausgleich führen. Lediglich die im Bereich der direkten Befeuerung liegenden Thermoelemente erfuhren einen geringen Temperaturanstieg. Dadurch trat dann eine Überbeanspruchung einzelner Sparrenteile gegenüber der Normenbrandbelastung ein.

Beim Versuch am zweiten Dachstuhl wurden aufgrund dieser Erfahrungen schon vor Versuchsbeginn auf beiden Giebelseiten in Höhe der Brennerführungen zusätzlich drei bzw. vier Luftöffnungen 25 x 50 cm vorgesehen. Außerdem blieb das "Fenster" in der Giebelspitze unverglast. Mit diesen Maß-

nahmen konnten die Temperaturen in Firsthöhe bis zur Zerstörung der Dachhaut annähernd im Bereich der Normtemperaturkurve gehalten werden. Die Temperaturen unterhalb des Firstes und besonders im untersten Dachstuhlbereich bis zu etwa 1 m über O.K. Erdboden lagen jedoch trotzdem noch erheblich niedriger. Nach Eintreten der ersten Zerstörung in der Dachhaut erfolgte ähnlich Versuch I ein Abfall der Brandraumtemperaturen, der durch erhöhte Brennstoffzufuhr nicht ausgeglichen werden konnte.

4.2 Versuchsergebnisse

Die während der Brandversuche gemessenen Temperaturen sind in den folgenden Zahlentafeln 1 und 2 zusammengestellt. Eine Übersicht geben die dazugehörigen graphischen Darstellungen in Anlage 5 und 6.

4.21 Gemessene Temperaturen und Beobachtungen am Dachstuhl I

T a f e l 1

Innen- und Außentemperaturen in °C am Dachstuhl I
Außenlufttemperatur: 10 °C

Versuchsdauer	Innentemperatur-Meßstelle ¹⁾						Außentemperatur-Meßstelle ¹⁾					
	First	Kehlbalken				0,5 m ü OKF	First	Kehlbalken		0,5 m ü. OKF		
Min.	III	II	IV	V	VI	I	1	2 ³⁾	3	4 ³⁾	5	6 ³⁾
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	310	135	290	160	95	50	48	51	91	68	36	34
10	430	320	465	260	260	115	82	91	97	94	67	61
15	460	400	545	180	370	210	65	156	107	101	88	85
20	420	515	650	-2)	470	355	88	-2)	-2)	-2)	-2)	-2)
25	-2)	505	510	-	440	325	-2)	-	-	-	-	-
30	-	620	575	-	520	315	-	-	-	-	-	-

1) Lage der Meßstelle vergl. Anlage 5

2) Thermoelement ausgefallen.

3) über der mit "Albi-SKK" angestrichenen Dachstuhlseite.

Versuchs- dauer (Min.)	Beobachtungen am Dachstuhl I
0.	Versuchsbeginn, bis zur 5. Min. häufiges Verlöschen der Brenner.
5.	Erste zusätzliche Zuluftöffnungen werden hergestellt.
7.	Flammen schlagen aus der Giebelöffnung. Starkes Knistern wird hörbar.
8.	Fast alle Holzteile sind entflammt. Weiterhin starke Qualmentwicklung.
19.	Ausfall der meisten Thermoelemente auf den Dachziegeln.
25.	Erste Dachlatte durchgebrannt, Einsturz einiger Dachziegel auf der nicht mit Feuerschutzmittel behandelten Dachstuhlseite.
32.	Durchbrand auf der gestrichenen Seite, Einsturz einiger Dachziegel, Versuchsende. (Endzustand vergl. Anl. 7)

Gemessene Temperaturen und Beobachtungen am Dachstuhl II

T a f e l 2

Innen- und Außentemperaturen in °C am Dachstuhl II
Außenlufttemperatur: 10 °C

Ver- suchs- dauer	Innentemperatur-Meßstelle 1)								Außentemperatur-Meßstelle 1) 2)					
	First		Kehl- balken		1,0 m u. O. R. F.		0,5 m u. O. K. F.		First		Kehl- balken		1,0 m u. O. R. F.	
Min.	I	VII	II	VI	III	IV	V	VIII	1	2	3	4	5	6
0.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5.	590	460	180	460	95	110	170	65	92	77	156	34	12	42
10.	840	650	530	560	295	300	310	150	100	96	194	95	19	61
15.	825	535	710	760	470	475	520	285	180	144	351	-3)	34	88
20.	710	895	645	860	515	550	605	365	-3)	-3)	-3)	-3)	68	107
25.	650	760	570	690	540	575	770	535	-	-	-	-	-3)	-3)
30.	750	720	565	610	535	570	620	650	-	-	-	-	-	-

1) Lage der Meßstelle vergl. Anlage 6

2) ungerade Zahl der Meßstelle = Dachstuhlseite gestrichen mit Feuerschutz Albert DS
gerade Zahl der Meßstelle = Dachstuhlseite gestrichen mit Feuerschutz Albi SKK

3) Meßstelle ausgefallen.

Versuchs- dauer (Min.)	Beobachtungen am Dachstuhl II
0.	Versuchsbeginn.
2.	Knistergeräusch im Innern. Es wird Schaumbildung vom Feuerschutzmittel Albi SKK erkennbar.
4.	Schaumteile fliegen stellenweise ab.
6.	Starke Qualmentwicklung in oberer Dachhälfte.
9.	Entstehung von Rissen in Dachziegeln auf der mit Albert DS behandelten Dachstuhlseite.
12.	Klaffende Fugen in den Dachziegeln am First auf der mit Albert DS behandelten Dachstuhlhälfte.
14.-17.	Durchbrand und teilweiser Einsturz auf der mit Albert DS behandelten Seite.
18.-21.	Durchbrand und teilweiser Einsturz auf der mit Albi-SKK behandelten Seite.
26.	Einsturz des Firstbalkens.
28.	Der Versuch wird abgebrochen. (Endzustand vergl. Anl.8)

5. Folgerungen aus den Brandversuchen

5.1 Wirkung der Feuerschutzmittel

Da die Temperaturen und die Brandentwicklung bei beiden Dachstühlen sehr unterschiedlich waren, können bezüglich der Wirkung der Feuerschutzmittel keine unmittelbaren Vergleiche zwischen den beiden Dachstuhlbränden gezogen werden.

Beim Dachstuhl I fand durch das Feuerschutzmittel eine Verzögerung des Durchbrandes von ca. 7 Minuten statt. Beim Dachstuhl II fand der Durchbrand bei beiden Flammenschutzmitteln fast zur selben Zeit statt.

Der Durchbrand erfolgte beim Dachstuhl I bei einer Firsttemperatur von ca. 500 °C nach 25 bzw. 25+7 Minuten und beim Dachstuhl II bei einer Firsttemperatur von 700 bis 800 °C nach 14 bzw. 18 Minuten.

Es liegt jedoch die Vermutung nahe, daß bei einem Schwelbrand - der in den ersten Versuchsminuten beim Dachstuhl I vorhanden war - die Wirkung der Feuerschutzmittel größer ist als bei einem voll entwickelten Brand. Dagegen ist nach dem eingetretenen "Feuersprung" die Vergrößerung der Feuerwiderstandsfähigkeit gleicher Holzkonstruktionen ziemlich unbedeutend. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Folgerungen aus früheren Brandversuchen, bei denen festgestellt wurde, daß durch die Behandlung mit Feuerschutzmitteln nur eine geringe Verzögerung des Abbrandes erreicht wird. Bei anderen Versuchen wurde festgestellt, daß die verzögernde Wirkung der Feuerschutzmittel beim Entstehungsfeuer weitaus größer ist als beim voll entwickelten Brand.

5.2 Auswirkungen der Brandversuche auf das Tragvermögen der Konstruktionsteile.

Dem Arbeitsplan entsprechend sollten die Versuche über das verbliebene Tragvermögen der Dachkonstruktion nach Ende einer einhalbstündigen Feuerbeanspruchung aussagen. Infolge verschiedener Umstände war es jedoch nicht möglich, den Versuchsablauf bei beiden Brandversuchen einheitlich und reproduzierbar zu gestalten. Wenngleich ein definierbarer Temperaturverlauf während der ersten Versuchshälfte möglich erscheint, so sind reproduzierbare Verhältnisse nach der Zerstörung der Dachhaut nicht mehr gegeben. Wie bereits angedeutet, werden mit Zerstörung der Dachhaut die gestauten Wärmemassen je nach Größe und Umfang der zerstörten Fläche nach außen abziehen können. Eine weitere Aufheizung des Dachstuhles unter Beibehaltung der Einheitstemperaturkurve ist kaum möglich, zumindest aber vom Umfang der bereits zerstörten Dachfläche abhängig. Da außerdem zur normgerechten Temperatursteigerung bei teilweise offener, d.h. z.T. eingestürzter Dachhaut, größere Energiemengen als bei geschlossener Dachhaut erforderlich sind, läßt sich eine Überbeanspruchung einzelner Konstruktionsglieder nicht vermeiden, die wiederum zu ungenauen Werten für den Vergleich der Tragfähigkeit vor und nach dem Versuch führt. Aus diesen Gründen wurde auf eine nähere Untersuchung der nach dem Brand verbliebenen Tragfähigkeit verzichtet. In Übereinstimmung mit den im

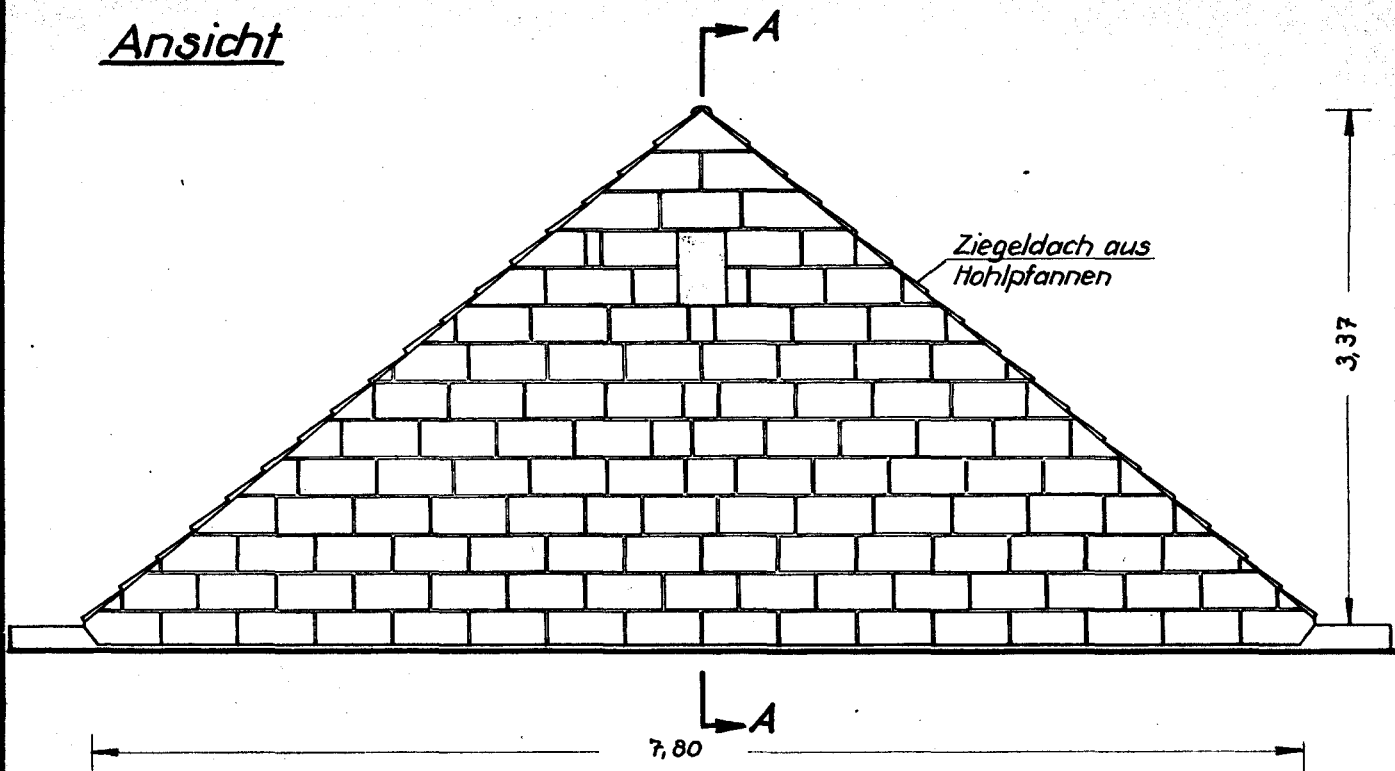
Jahre 1957 durchgeführten Versuchen kann jedoch allgemeingültig festgestellt werden, daß die mit einem Feuerschutzmittel behandelten Einzelteile der Dachkonstruktion geringfügig besser erhalten blieben als die unbehandelten Bauhölzer.

6. Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Es wurden zwei Dachstühle gleicher Konstruktion - als Ergänzung der im Jahre 1957 geprüften Konstruktionen - Brandversuchen unterzogen. Dabei sollte unter einer halbstündigen Brandbeanspruchung nach DIN 4102 die Wirkung von Feuerschutzmitteln festgestellt und die verbliebene, restliche Tragfähigkeit der Bauhölzer mit nicht dem Feuer ausgesetzten verglichen werden.

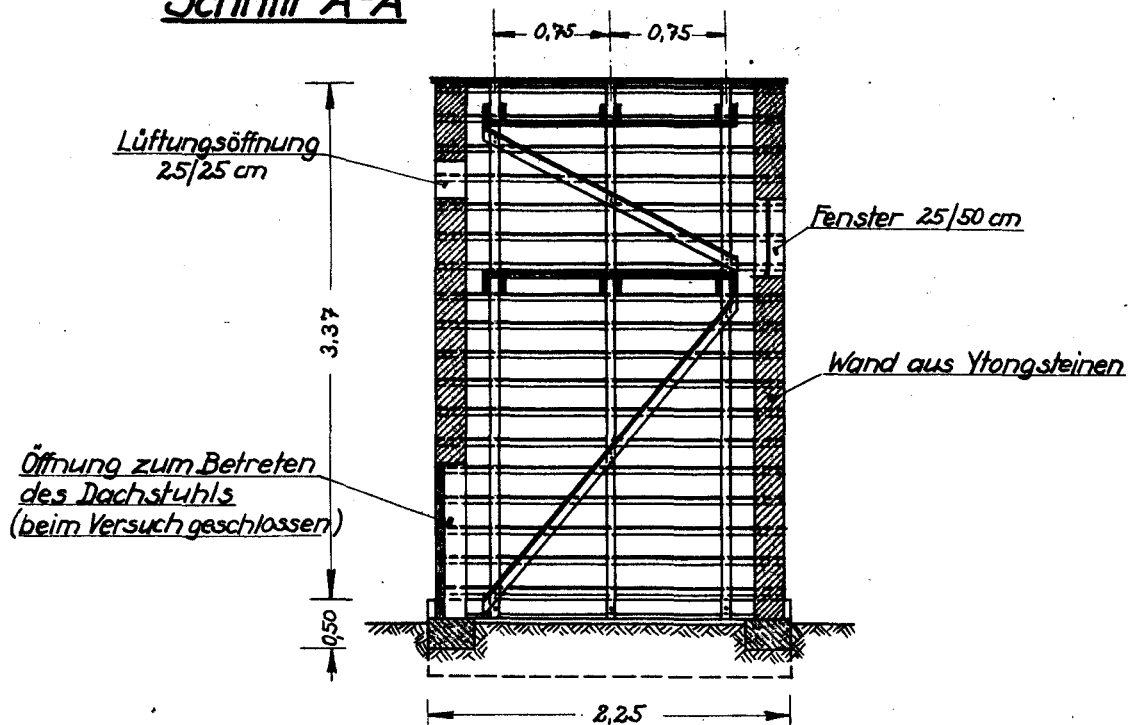
In Übereinstimmung mit den im Jahre 1957 geprüften Dachstühlen hat sich ergeben, daß bei Dachstühlen eine vergleichbare Versuchsdurchführung nach der Einheitstemperaturkurve DIN 4102 nicht möglich ist. Sollten zur Verbesserung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Dachstuhlkonstruktionen weitere Versuche vorgenommen werden, wäre es sinnvoll, von der bei Brandversuchen an raumabschließenden Bauteilen zur Einhaltung der Einheitstemperaturkurve erforderlichen Brandlast und nicht von den maßgebenden Temperaturen auszugehen. Obwohl bei den Versuchen eine ungleiche Temperaturbeanspruchung der Dachstuhlkonstruktionen vorlag, wurde festgestellt, daß sich Dachstühle, deren tragende Teile mit Feuerschutzmitteln behandelt sind, im Brandfalle etwas besser verhalten werden als solche, die vollständig ungeschützt dem Feuer ausgesetzt sind. Die schützende Wirkung dieser Anstrichmittel wird sich erheblich im Stadium des Entstehungsbrandes auswirken, um dann mit zunehmenden Temperaturen bei voll entwickeltem Brand seine Wirkung mehr und mehr zu verlieren. Dementsprechend werden die Unterschiede behandelter und unbehandelter Bauhölzer bezüglich der nach dem Brandversuch verbliebenen Tragfähigkeit gering sein. Aus den bereits angeführten Gründen einer ungenügenden Reproduzierbarkeit unterblieben Untersuchungen zur Ermittlung der am Ende der Brandversuche vorhandenen, restlichen Tragfähigkeit.

Ansicht



M.1:50

Schnitt A-A



Versuchsaufbau ohne Dachziegel



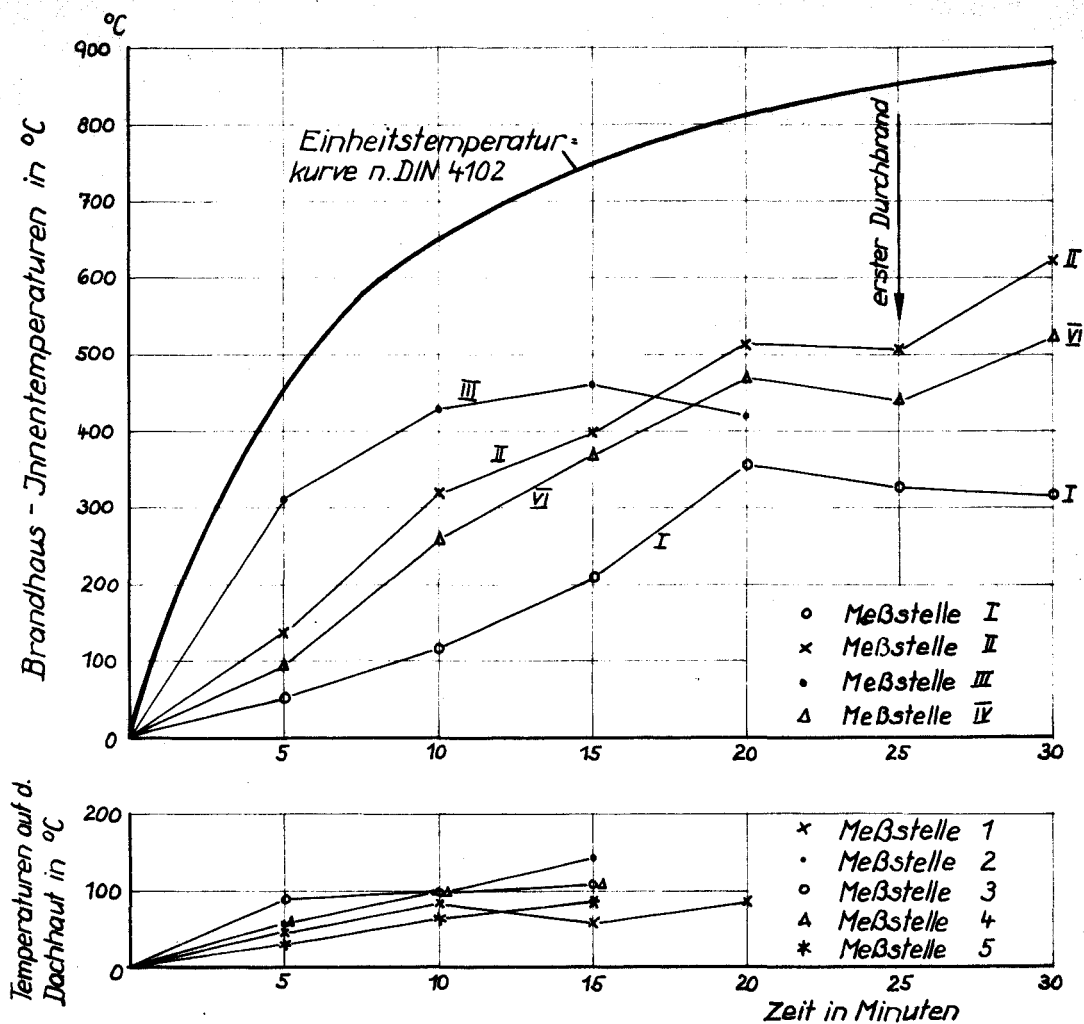
Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Brandversuche an Dachstühlen

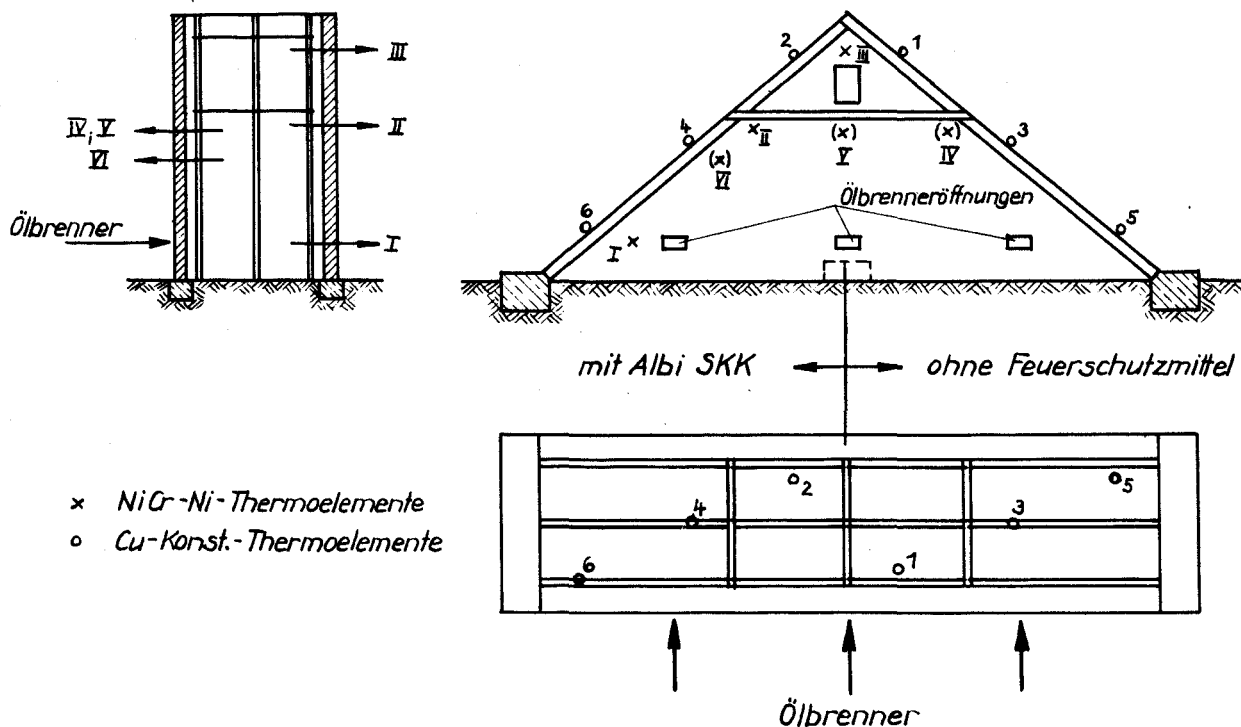
Anlage 3 zum
Prüfungszertifikat
Prüfbericht

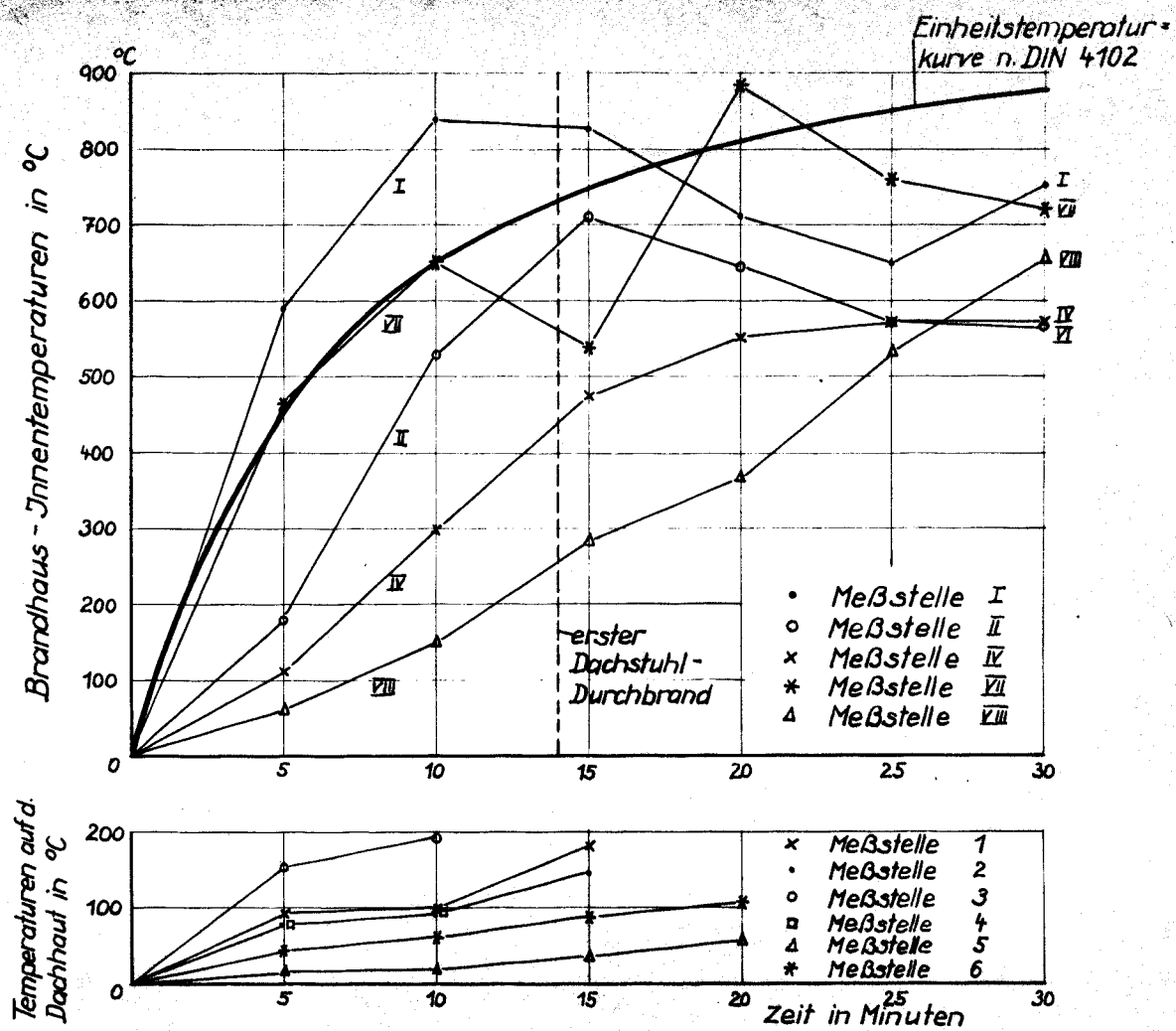
Versuchsaufbau mit Dachziegeln



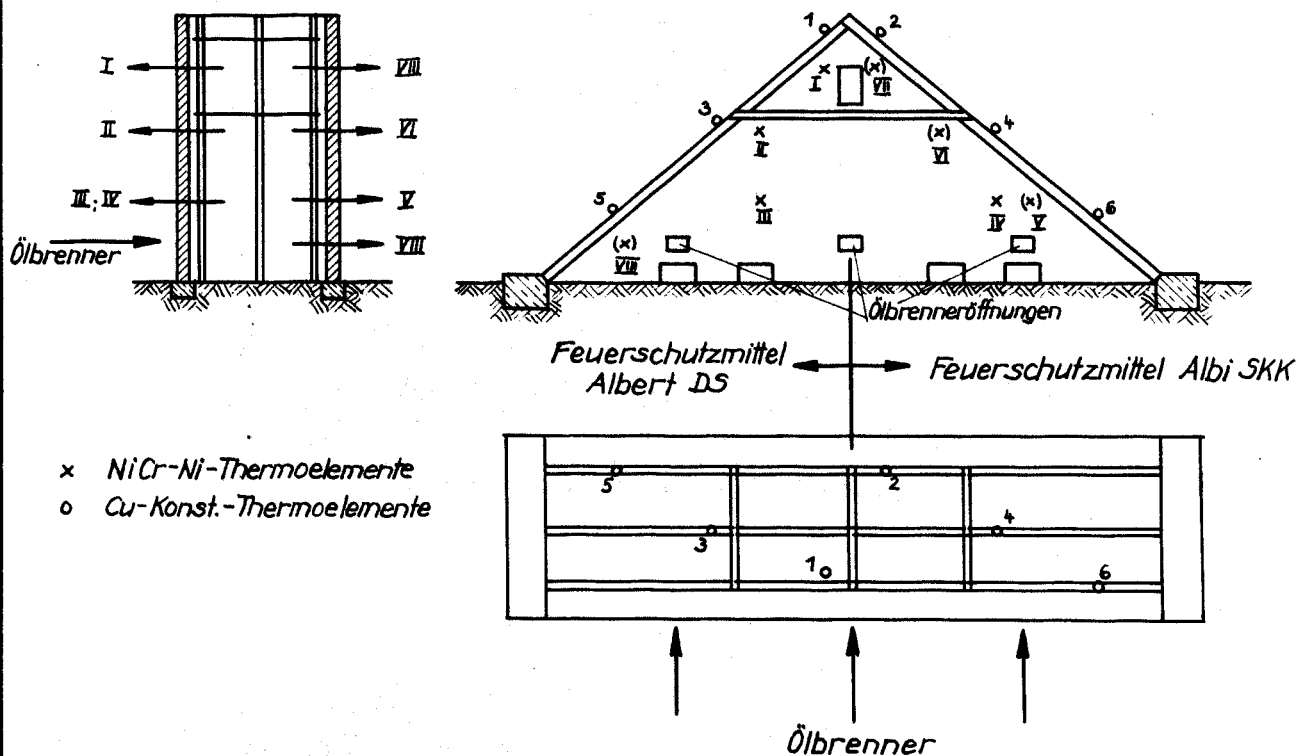


Lageskizze der Meßstellen





Lageskizze der Meßstellen



Dachstuhl I nach dem Brand



Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Brandversuche an Dachstühlen

Anlage 7 zum
Prüfungszeugnis
Prüfbericht

Dachstuhl II nach dem Brand



Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Brauschweig

Brandversuche an Dachstühlen

Anlage 8 zum
Prüfungszeugnis
Prüfbericht

Forschungsauftrag

Prüfung von zwei Dachstühlen auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer

durchgeführt vom Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig

Bericht erstattet von Prof.Dr.Ing.Kordina

im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung

Im vorliegenden Kurzbericht wird über die Ergebnisse der Prüfung von zwei Dachstühlen auf Feuerwiderstandsfähigkeit nach DIN 4102 berichtet, die im Jahre 1961 am Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung an der Technischen Hochschule Braunschweig als Ergänzung früherer Versuche im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung auf Antrag des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes, Bonn, durchgeführt wurden.

Die Versuchsdachstühle waren als Kehlbalkendächer mit jeweils 3 Bindern von 7,80 m Spannweite, 3,37 m Firsthöhe und einem Achsabstand von 0,75 m ausgeführt. Die Giebelseiten wurden durch 20 cm dicke Wände aus Ytong-Steinen abgeschlossen. Die Dacheindeckung bestand aus Hohlpfannen nach DIN 456, die auf Dachlatten verlegt und mit Kalkzementmörtel - Mörtelgruppe II nach DIN 1053 - verstrichen waren. Die Dachstühle waren teilweise mit verschiedenen Feuerschutzmitteln behandelt.

Während der Versuche sollten die Temperaturen im Innern der Dachstühle nach der Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102 über 30 Minuten gesteigert werden. Ein genaues Einhalten dieser Normenbrand-Temperaturen war jedoch nicht möglich. Der Grund hierfür war vor dem Durchbrand der Dachhaut ein Mangel an Verbrennungsluft und nach dem Durchbrand das Entweichen der Verbrennungsgase in den freien Raum. Die Temperaturen konnten nicht einmal durch Steigerung der Brandlast eingehalten werden.

Beim Dachstuhl I erfolgte der Durchbrand bei einer Temperatur im Firstbereich von ca. 500°C nach 25 Minuten und beim Dachstuhl II bei 700 bis 800°C in der Zeit zwischen 14 und 18 Minuten. Da die Temperaturen und die Brandentwicklung bei beiden Dachstühlen sehr unterschiedlich waren, konnten bezüglich der Wirkung der verwendeten Feuerschutzmittel keine unmittelbaren Vergleiche gezogen werden. Auf Grund der Beobachtungen kann jedoch vermutet werden, daß die Wirkung von Feuerschutzmitteln bei einem Schmelbrand größer ist als bei einem voll entwickelten Brand. Die Vergrößerung der Feuerwiderstandsfähigkeit infolge dieser Feuerschutzmittel war nach dem eingetretenen "Feuersprung" unbedeutend.

Prüfung von zwei Dachstühlen auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer (Forts.v.S.187)

Dem Arbeitsplan entsprechend sollten die Versuche auch über die verbliebene Tragfähigkeit der Dachkonstruktion nach dem Ende der Feuerbeanspruchung eine Aussage geben. Da es jedoch nicht möglich war, die Temperaturen nach der Einheitstemperaturkurve zu steigern und beide Brandversuche einheitlich und reproduzierbar zu gestalten, schien eine nähere Untersuchung der nach dem Brand verbliebenen Tragfähigkeit wenig sinnvoll. Außerdem waren einzelne Konstruktionsglieder durch den Brand unverhältnismäßig hoch beansprucht worden, so daß auch aus diesem Grunde auf eine Untersuchung der verbliebenen Tragfähigkeit der ganzen Konstruktion verzichtet wurde.

Die Versuche stimmten mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen aus dem Jahre 1957 überein.

Sollten zur Verbesserung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Dachstuhlkonstruktionen weitere Versuche unternommen werden, so wäre es sinnvoller, von einer einheitlichen Brandlast und nicht von gleichen Temperaturen auszugehen.

Kurzber.Bauforsch.3 (1962) Nr.11, S. 187-188